

## МАГНИТНЫЙ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Ю. М. АГЕЕВ

(Представлена научным семинаром факультета автоматики и вычислительной техники)

Магнитный широтно-импульсный преобразователь постоянного тока, предназначенный для преобразования постоянных или медленно меняющихся токов в длительность импульсов напряжения, относится к измерительным устройствам, применяемым в цифровой измерительной и информационной технике, телемеханике и промышленной автоматике. Поэтому указанное устройство должно удовлетворять целому комплексу требований, предъявляемых к измерительным устройствам, главными из которых являются чувствительность, линейность характеристик, стабильность и т. п. Известные магнитные широтно-импульсные преобразователи практически невозможно использовать для измерения слабых постоянных токов и напряжений ввиду их невысокой чувствительности, а электронные и полупроводниковые преобразователи являются устройствами весьма сложными и дорогостоящими.

Описанный ниже магнитный широтно-импульсный преобразователь позволяет получать на выходе двухполярные импульсы напряжения постоянной амплитуды, длительность которых пропорциональна величине входного сигнала, а фаза зависит от полярности этого сигнала. Это устройство обладает малым дрейфом нуля, достаточно высокой чувствительностью, линейными характеристиками и регулируемым коэффициентом преобразования. Преобразователь имеет незначительные габариты и вес и потребляет небольшое количество энергии. Применение подобных преобразователей позволит освободиться в многоканальной измерительной и другой аппаратуре от коммутаторов постоянного тока, создание которых до настоящего времени остается проблемой, от усилителей постоянного тока и ряда других узлов, что позволит сделать вновь проектируемые системы более простыми и надежными. При использовании предлагаемых преобразователей станет принципиально возможным повысить скорость опроса контролируемых точек до нескольких тысяч и даже нескольких десятков тысяч точек в секунду.

Использование широтно-импульсного преобразователя в схемах усилителей постоянного тока позволит создать практически бездрейфовые усилители, а в устройствах промышленной автоматики преобразователь можно использовать в качестве бесконтактного чувствительного реле, реагирующего на полярность входного сигнала (аналог поляризованного реле), в схемах регулирования температуры и в ряде других случаев.



## Принцип работы широтно-импульсного преобразователя

Магнитный широтно-импульсный преобразователь постоянного тока (рис. 1) выполнен на четырех одинаковых магнитных сердечниках, характеристика намагничивания которых показана на рис. 2. На каждом сердечнике имеется по три обмотки:

$W_p$  — рабочие обмотки преобразователя,

$W_{cm}$  — обмотки смещения,

$W_y$  — обмотки управления.

Рабочие обмотки преобразователя соединены по мостовой схеме. К одной диагонали моста подводится прямоугольное напряжение пи-

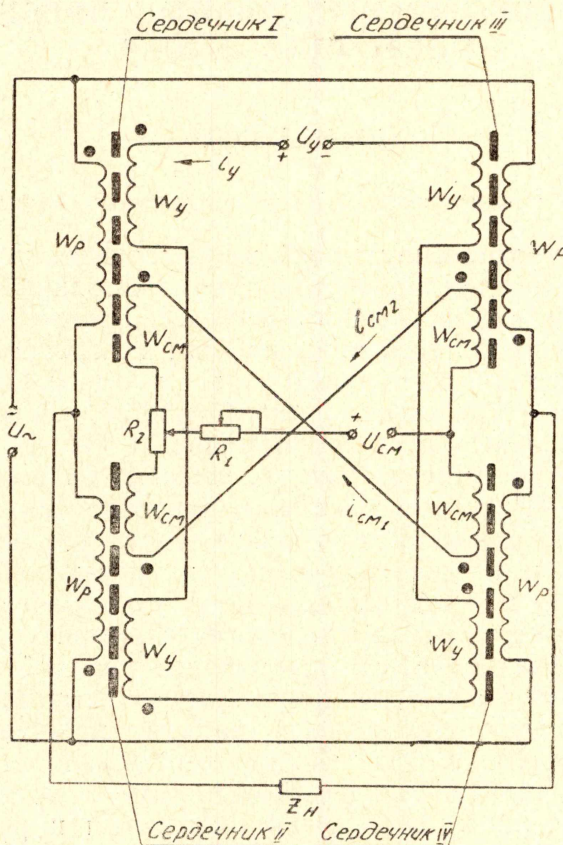


Рис. 1. Принципиальная схема магнитного широтно-импульсного преобразователя.

тания преобразователя, а с другой диагонали моста снимается выходное напряжение, которое подается на сопротивление нагрузки  $Z_n$ . Форма напряжения питания преобразователя показана на рис. 3. Для нормальной работы преобразователя необходимо, чтобы начальное положение рабочих точек для каждого сердечника было вполне определенным. Эту задачу выполняет в преобразователе цепь смещения. По обмоткам смещения протекают постоянные токи  $i_{cm1}$  и  $i_{cm2}$ . В цепи смещения имеются два сопротивления  $R_1$  и  $R_2$ . Сопротивление  $R_1$  служит для ограничения токов смещения, а  $R_2$  — для их балансировки (изменением положения движка сопротивления  $R_2$  можно установить равенство токов смещения, т. е.  $i_{cm1} = i_{cm2}$ ).

Обмотки смещения соединены таким образом, чтобы начальное положение рабочих точек в сердечниках на их характеристиках намаг-



ничивания было таким, какое показано на рис. 4. Для этого необходимо, чтобы  $H_{см} = H_s$ , где  $H_s$  — напряженность поля насыщения для сердечников. Тогда точка  $O_{1,2}$  — является начальной рабочей точкой для сердечников I и II, а точка  $O_{3,4}$  — начальной рабочей точкой для сердечников III и IV.

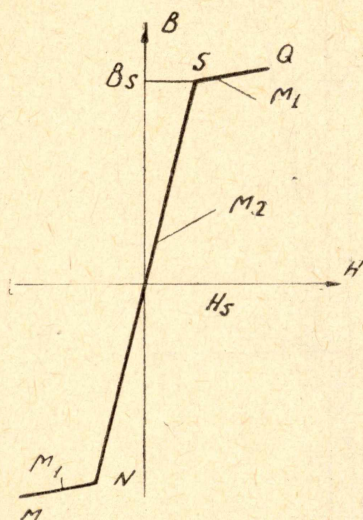


Рис. 2.

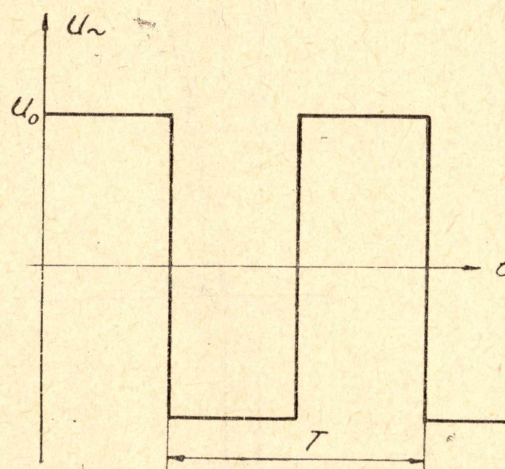


Рис. 3.

Обмотки управления преобразователя соединены таким образом, чтобы в цепи управления переменные напряжения, наводимые в каждой обмотке управления, были скомпенсированы. Если материал сердечни-

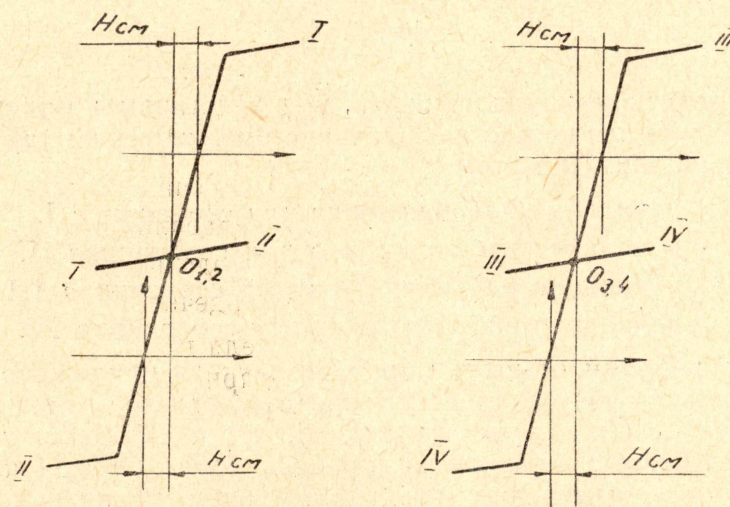


Рис. 4. Магнитное состояние сердечников преобразователя при  $H_{y1} = 0$ .

ков преобразователя имеет идеальную характеристику намагничивания, т. е. не имеет петли гистерезиса, то на этой характеристике можно выделить участки с различной магнитной проницаемостью (рис. 2). На участке  $NS$  этой кривой магнитная проницаемость материала велика и равна  $\mu_2$ , а на участках  $MN$  и  $SQ$  магнитная проницаемость мала и равна  $\mu_1$ . Такую идеализацию целесообразно ввести для анализа работы преобразователя.



На рис. 5 и рис. 6 приведено графическое пояснение принципа работы преобразователя. При отсутствии сигнала управления ( $U_y = 0$ ) начальными точками являются точки  $O_{1,2}$  и  $O_{3,4}$ . Если сигнал управления не равен нулю, то протекающий в этом случае ток  $i_y$  создает в сердеч-

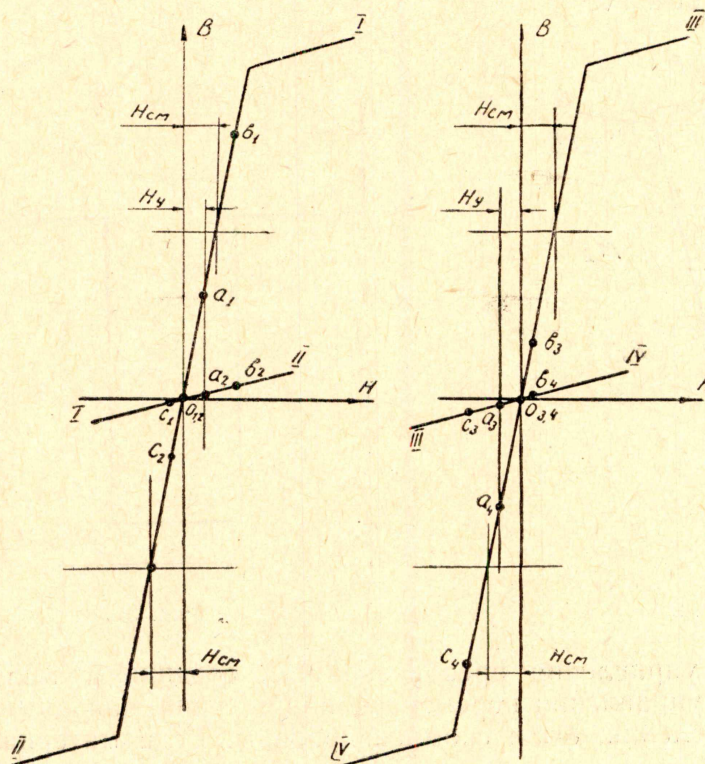


Рис. 5.

никах магнитное поле управления  $H_y$ , под действием которого начальные рабочие точки для каждого сердечника смещаются по характеристикам намагничивания. При этом

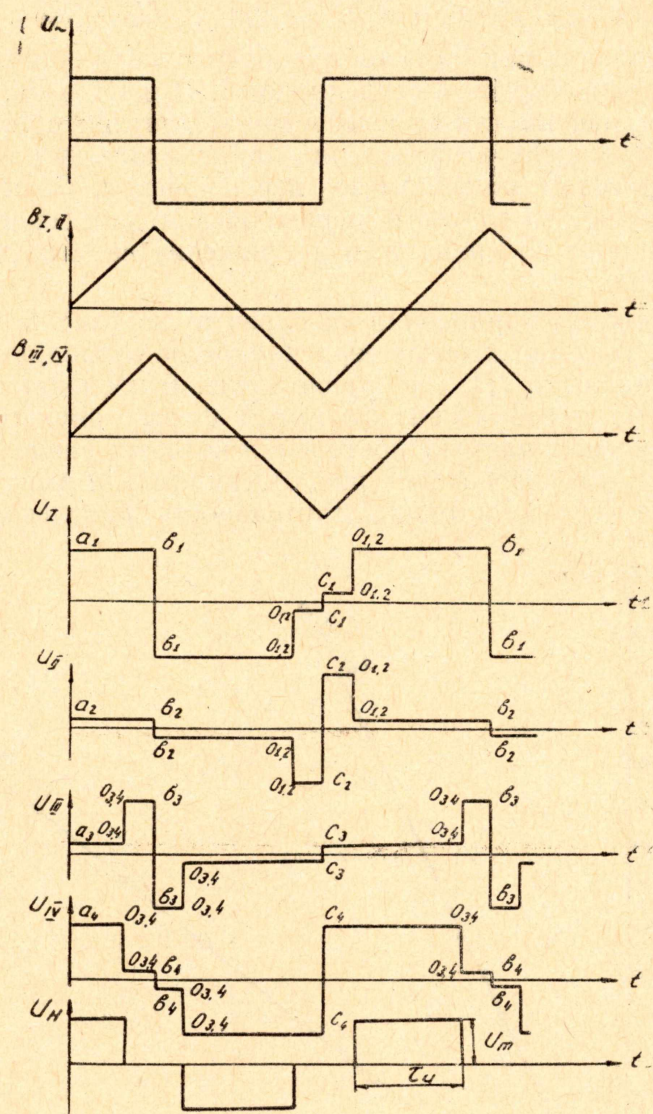
- точка  $a_1$  — начальная рабочая точка для сердечника I,
- точка  $a_2$  — начальная рабочая точка для сердечника II,
- точка  $a_3$  — начальная рабочая точка для сердечника III и
- точка  $a_4$  — начальная рабочая точка для сердечника IV.

Так как к рабочим обмоткам преобразователя приложено напряжение прямоугольной формы, то изменения суммарных магнитных индукций  $B_{1,2}(t)$  и  $B_{3,4}(t)$  в сердечниках I, II, III и IV будут линейными (рис. 6). Изменение магнитной индукции в сердечниках I и II можно рассматривать как изменение одной суммарной магнитной индукции  $B_{1,2}$  на том основании, что рабочие обмотки этих сердечников соединены последовательно, а магнитные характеристики и геометрические размеры их одинаковы. Это положение справедливо также и для сердечников III и IV. При работе преобразователя каждый сердечник будет перемагничиваться по следующим циклам (рис. 5 и 6):

- сердечник I по циклу  $a_1, b_1, o_{1,2}, c_1, o_{1,2}, \dots$
- сердечник II по циклу  $a_2, b_2, o_{1,2}, c_2, o_{1,2}, b_2, \dots$
- сердечник III по циклу  $a_3, o_{3,4}, b_3, o_{3,4}, c_3, o_{3,4}, b_3, \dots$
- сердечник IV по циклу  $a_4, o_{3,4}, b_4, o_{3,4}, c_4, o_{3,4}, b_4, \dots$



В процессе переманичивания сердечников по указанным рабочим циклам магнитная проницаемость их периодически изменяется, что приводит к периодическому перераспределению напряжений на рабочих обмотках для каждой пары сердечников I, II и III, IV.





Рассматривая таким образом процессы перемагничивания по всем участкам рабочих циклов, можно заключить, что:

на участках  $b_1 o_{1,2} (o_{1,2} b_1)$  и  $b_2 o_{1,2} (o_{1,2} b_2)$   $U_I \gg U_{II}$ ,  
 на участках  $o_{1,2} c_1 (c_1 o_{1,2})$  и  $o_{1,2} c_2 (c_2 o_{1,2})$   $U_I \ll U_{II}$ ,  
 на участках  $o_{3,4} b_3 (b_3 o_{3,4})$  и  $o_{3,4} b_4 (b_4 o_{3,4})$   $U_{III} \gg U_{IV}$ ,  
 на участках  $o_{3,4} c_3 (c_3 o_{3,4})$  и  $o_{3,4} c_4 (c_4 o_{3,4})$   $U_{III} \ll U_{IV}$ .

Таким образом, при работе преобразователя напряжение, приложенное к рабочим обмоткам сердечников I, II и III и IV, будет перераспределяться в зависимости от изменения магнитной проницаемости сердечников. Момент перераспределения напряжения на рабочих обмотках сердечников назовем моментом их переключения. Если сигнал управления равен нулю, то моменты переключения для сердечников I, II и III и IV совпадают во времени, и напряжение на выходе преобразователя равно нулю.

Если же сигнал управления не равен нулю (рис. 5, 6), то моменты переключения указанных выше сердечников не совпадают во времени, и выходное напряжение ( $U_n$ ) не равно нулю. В последнем случае выходное напряжение преобразователя имеет форму двухполярных прямоугольных импульсов, частота повторения которых равна частоте напряжения питания преобразователя (рис. 6). Амплитуда импульсов выходного напряжения ( $U_m$ ) постоянна, длительность импульсов ( $\tau_n$ ) пропор-

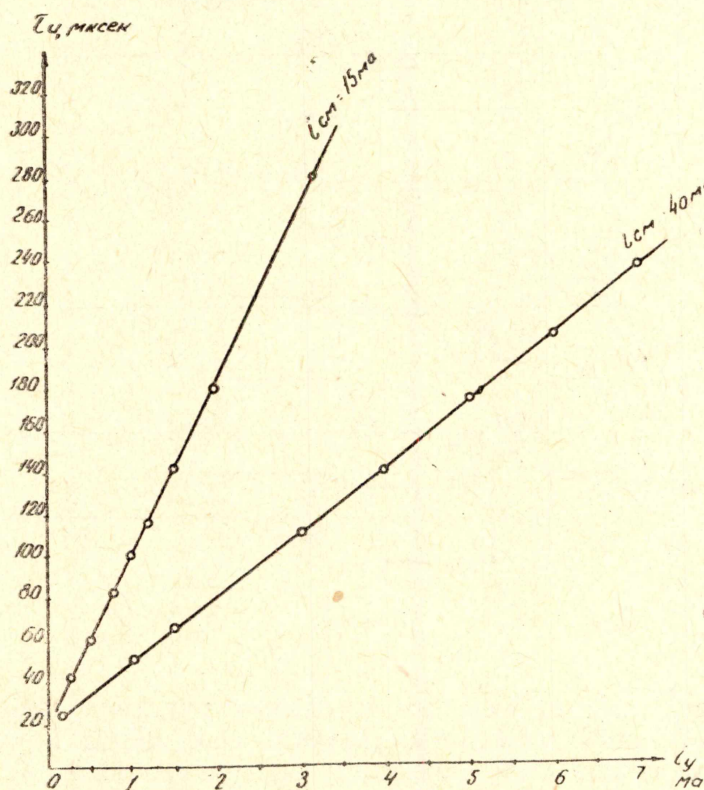


Рис. 7. Экспериментальные характеристики преобразователя при различных значениях тока смещения.

циональна величине входного сигнала, а фаза выходного напряжения относительно напряжения питания преобразователя изменяется на  $180^\circ$  при изменении полярности входного сигнала.



На рис. 7 приведены экспериментальные характеристики преобразователя, выполненного по схеме рис. 1. Характеристики приведены для двух значений тока смещения. Испытывался широтно-импульсный преобразователь со следующими данными:

материал сердечников — феррит марки K260 ( $7 \times 4 \times 2$ ) мм,  
обмоточные данные —  $w_p = 50$ ,  $w_y = 100$ ,  $w_{cm} = 20$ ,  
напряжение питания — амплитуда — 0,2 в, частота — 15 кГц.

### Выводы

1. Магнитный широтно-импульсный преобразователь, выполненный по мостовой схеме, может быть использован в качестве основного узла преобразователя аналог-код для преобразования слабых сигналов постоянного тока без предварительного усиления.

2. Изменением величины тока смещения можно плавно и в достаточно широких пределах регулировать коэффициент преобразования преобразователя.

### ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Розенблат. Магнитные усилители. Советское Радио, 1960.
  2. Ф. И. Кербников, М. А. Розенблат. Чувствительный магнитный модулятор с двухфазным питанием. Автоматика и телемеханика, т. XXII, № 3, 1961.
  3. К. М. Поливанов, А. А. Брауде. Безгистерезисное намагничивание и его применение для измерения малых токов и э.д.с. Труды МЭИ, вып. 18. 1956.
-